

Untersuchung zur Haptik von Brustprothesen

Weich und elastisch

von Emmelie Puchinger, Prof. Dr. Bernhard Kurz, Hochschule München, Fakultät für Wirtschaftsingenieurwesen, Ergonomie



In diesem Artikel wird auf das sensible Thema der Brustprothesen insbesondere in Hinblick auf die authentische Wahrnehmung eingegangen. Hierzu werden Untersuchungen zu Weichheit bzw. Härte der Prothese im Vergleich zur weiblichen Brust vorgestellt, mit denen Trageigenschaften und Bewegungsverhalten der Brustprothesen erstmals quantifizierbar sind.

Aufgabenstellung & Analyse

Grundlage einer Untersuchung zur Haptik von Brustprothesen sind quantitative Messdaten zu Härte- und Elastizitätseigenschaften von Prothesenmaterialien sowie von Hautstrukturen allgemein und insbesondere dem weiblichen Brustgewebe. Nach umfangreichen Recherchen sind derartige vergleichbare Werte aber nicht verfügbar. Zur Auswahl eines dafür geeigneten Messverfahrens sind Werkstoffstrukturen und -eigenschaften sowie Besonderheiten und Einschränkungen der Testmaterialien zugrunde zu legen:

- „Die weibliche Brust (Mamma) besteht vorwiegend aus Fettgewebe, darin eingebettet sind Milchdrüsen (Brustdrüsen) und ein System von Milchgängen, die in der Brustwarze (Mamille) münden. Stützendes straffes Bindegewebe (Kollagen) gibt der Brust ihre äußere Form und ihren Halt.“ (Dr. med. Astrid Waskowiak, Dr. med. Arne Schäffler)
- Elastizitätskennzahlen sind nicht bekannt, lediglich Korrelationen zwischen Pressung und Schmerzempfinden.

- Eine Brustprothese besteht im Wesentlichen aus einer formgebenden PU-Folie, einer Kontaktschicht zur Haut mit z. T. speziellen Konturierungen sowie einer Füllung aus vernetztem Silikon. Die Einstellung der viskoelastischen Eigenschaften erfolgt meist penetrometrisch.

Somit musste ein einheitliches Messverfahren konzipiert werden, das sich nahe an technischen Standards orientiert, wie sie beispielsweise in der Richtlinie VDI/VDE 2616 Blatt 2 „Härteprüfung an Kunststoffen und Gummi“ zusammengestellt sind. Dabei sind folgende Vorgaben zu erfüllen:

- Die Prüflinge sind entweder Elastomere, eingfasst in PU-Folie, oder menschliches Gewebe, bestehend aus Drüsen-, Binde- und Fettgewebe.
- Bei Durchführung der Prüfung ist eine Beschädigung der Prothesen sowie Schmerzinduzierung bei den Probandinnen auszuschließen.
- Form und Abmessungen der Prothesen sind der Form der weiblichen

Brust nachempfunden. Auftretende Variabilitäten sind bei der Messung auszugleichen.

Methodik

Der realisierte Prüfaufbau (vgl. Abb. 1) besteht aus einem manuell bewegten Linearschieber mit am Ende angebrachten, wechselbaren Eindringkörpern. Für diese Prüfstempel wurden Standardgeometrien ausgewählt, deren Abmaße an realen Situationen orientiert sind. Fingerkontakt: Ausgehend von einem mittleren Radius der Fingerkuppe wird eine Kugel mit Durchmesser 25 mm festgelegt. Mit diesem, im Vergleich zur Probe kleineren Prüfkörper werden Elastizitätseigenschaften mit Oberflächeneinflüssen erfasst (Eindrückhärte).

Zur Messung von Eindringweg und aufzuwendender Kraft (= Rückstellkraft) sind entsprechende Messsensoren integriert, deren Erfassung rechnergestützt erfolgt und die nach Umrechnung in einem Kraft-Weg-Diagramm (vgl. Abb. 2) dokumentiert werden.

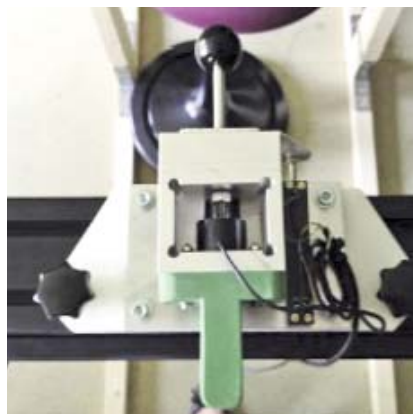


Abb. 1: Messanordnung mit Kugelstempel.

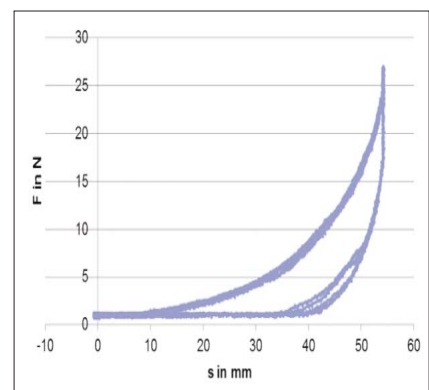


Abb. 2: Messkurven für Be- und Entlastung aus fünf Zyklen.

Aus Voruntersuchungen ergab sich, dass ab etwa 35 mm Eindrückweg unangenehme und beginnende Schmerzempfindungen bei den Probandinnen auftreten. Die Messbereiche sind folglich entsprechend ausgelegt bzw. begrenzt, d. h. Eindringtiefe bis zu $60 \pm 0,01$ mm, Kraftmessung bis $50 \pm 0,01$ N.

Nach Justage der Messanordnung in Höhe der Mamille bzw. der maximalen Vorwölbung der Prothese sowie in geringem Abstand zur jeweiligen Oberfläche kann die Messung beginnen. Der Prüfstempel wird nun mit gleichbleibender Geschwindigkeit in Brust oder Prothese gedrückt. Beim Erreichen des Endpunktes wird die Position eine Sekunde gehalten. Die anschließende Rückstellung des Stempels erfolgt durch die Ausdehnungsbewegung des Prüflings, indem die Linearführung einfach losgelassen wird. Ein Zyklus dauert dabei bis zu 25 Sekunden. In den Untersuchungen wird der beschriebene Ablauf insgesamt fünf Mal wiederholt (vgl. Abb. 2) und anschließend gemittelt. Hierdurch werden Messunsicherheiten weitestgehend ausgeschlossen.

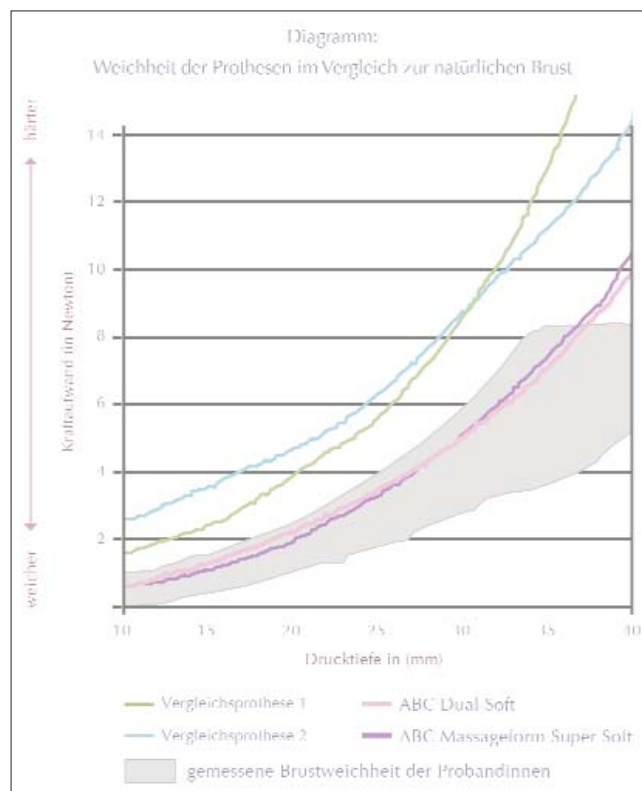
Da insbesondere bei Silikonem starke Temperaturabhängigkeiten bekannt sind, wurden die ausgewählten Testprothesen unter klimatisierten Bedingungen gelagert und im Labor für angewandte Ergonomie der Hochschule München untersucht.

In der Abbildung 2 sind exemplarisch die Ergebniskurven der fünf Messzyklen aufgetragen. Gut erkennbar sind obere, steilere Belastungslinie, untere Entlastungslinie sowie der sog. Hysterese- bzw. viskoelastische Bereich. Die einzelnen Messzyklen werden zunächst auf Nullpunkt justiert und anschließend zu einer Kurve gemittelt.

Ergebnisse

Da nach Aufgabenstellung primär die Kontakthaptik von Interesse ist, werden für die vergleichende Elastizitäts- und Härtebewertungen nur die gemittelten Belastungskurven von Prothesen und Brustgeweben zugrunde gelegt. Bereits ein einfacher optischer Vergleich der Eindrückkurven in Abbildung 3 zeigt, dass es nur wenige Prothesen gibt (ABC Dual Soft, ABC Massage Form Super Soft), die dem natürlichen Gewebe gut ange-

Abb. 3: Weichheit der Prothesen im Vergleich zur natürlichen Brust.



passt sind und im Streubereich der Gewebeelastizitäten (grau) liegen, der Rest (Vergleichsprothese 1 und 2) dagegen deutlich zu hart ist.

Zusammenfassung

Das Fehlen geeigneter physiologischer Parameter erschwert zunächst eine objektive Bewertung der Anpassungsqualität von Brustprothesen, die durch Tragekomfort, Formanpassung und Haptik letztlich die Akzeptanz durch die Trägerinnen bestimmt. So wurde eine Messanordnung entwickelt, die sowohl für Brustgewebe wie Prothesen zur Bestimmung von Elastizitätskennwerten eingesetzt werden kann und damit eine vergleichende Ergebnisinterpretation sicherstellt.

Die durchgeführte Untersuchung mit Probandinnen und ausgewählten Prothesentypen belegt sowohl in der Elastizitätscharakteristik wie mit den daraus extrahierten Kennwerten die nur für wenige Produkte gelungene physiologische Anpassung. Entwicklungsbedarf ist auf Basis der entwickelten Messmethodik zielgerichtet durchführbar und es würde damit auch die Möglichkeit des „Customizings“ eröffnet, d. h., Prothetik individuell anzupassen.

Quellen

- [1] <http://www.apotheken.de/gesundheit-heute-news/article/aufbau-und-funktion-der-weiblichen-brust/> Dr. med. Astrid Waszkowiak, Dr. med. Arne Schäffler
- [2] *Customizing von Brustprothesen – Elastizitätsuntersuchungen an Epithesen und Probandinnen*, Bachelorarbeit Emmelie Puchinger, 2012.
- [3] *Fachausschuss Härteprüfung, „Härteprüfung an Kunststoffen und Gummi DVI/VDE 2616 Blatt 2“*, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2000.
- [4] Hans-Jürgen Bargel, Günter Schulze: *Werkstoffkunde*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag 2005, S. 370.
- [5] H. Kühnel, W. Fritsch: *Taschenatlas Anatomie in 3 Bänden – Band 2 Innere Organe*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag 2005, S. 416–419.